

ILLÓ ÉS NÖVÉNYI OLAJAK ALKALMAZÁSA, MINT LEHETSÉGES LÁGYÍTÓSZEREK KÜLÖNBÖZŐ ELASZTOMER TEXTÚRÁKBAN

Tamási Kinga – Zsoldos Gabriella

Absztrakt: A lágyítók csoportjába azok az anyagok tartoznak, amelyeket a keménység csökkentése, a nyújthatóság és a feldolgozhatóság javítása érdekében adagolnak a műanyagokhoz. A lágyító hatású anyagokra az a jellemző, hogy csökkentik a polimerek megömlési hőmérsékletét, rugalmassági modulusát és ridegségi hőmérsékletét, de nem változtatják meg a makromolekulák kémiai természetét. A fenntarthatóság jegyében és a műanyagokkal szemben táplált társadalmi ellenérzések enyhítése érdekében napjainkban egyre több figyelmet kapnak az ún. természetes eredetű lágyítószerke fejlesztése, alkalmazhatóságuk vizsgálata. Ezért munkánk során repceolaj alapú gumipari lágyítószert vizsgáltunk különböző vizsgálati módszerekkel.

Abstract: The plasticizers are a group of materials which decrease the hardness, increase the extensibility and processability. Plasticizers increase the melting temperature, elasticity and the fridity temperature, but do not change the chemical behaviour of macromolecules. Nowadays the natural additives are in the focus on the market, because some of the current plasticizers (e.g: phtalate-esters) has carcinogenic, teratogenic and mutagenic effect to the human health. Because of that our research main point was to examine the effect of rapeseed oil in the natural rubber texture.

Kulcsszavak: lágyító adalék; ftálsav-észterek; gumik; növényi olajok; egészségvédelem

Keywords: plasticizers; phtalate-esters; rubbers; plant oils; health protection

1. Bevezetés

A rideg, hőre lágyuló műanyagok elasztomerekkel vagy más lágy polimerekkel való módosítása rendkívül sok lehetőséget rejt magában. Napjaink lágyítóválasztékában dominálnak a ftálsav-észterek és anhidridek, adipátok, citrátok és a policiklusos aromás vegyületek is. Lényegében ezek fedezik a foglalkozó ágazat lágyítószükségletét. Elterjedésüket műszaki alkalmasságuk mellett kedvező áruk is elősegítette, amiben a ftálsav-észter típusú lágyítóknak is nagy szerepe volt. Példának okáért a PVC-hez használt lágyítók mennyiségének 85%-át ma is a ftalátok teszik ki, annak ellenére, hogy a szigorodó környezetvédelmi, munkaegészségügyi, élelmiszer-higiéniás szabályok miatt aggályok merültek fel a használatukkal kapcsolatban. Ezek az ellenérzések alapozták meg kutatásainkat a természetes alapú lágyítószerke irányába, amely során számos különböző növényi olaj viselkedését ellenőriztük nyers kaucsuk alapanyagokban.

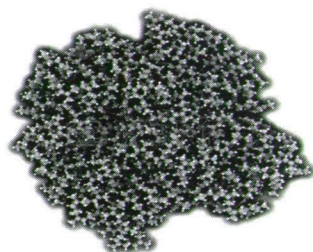
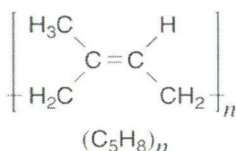
2. Anyagok és módszerek

Az alap és adalékanyagok kiválasztása, a minta előkészítés egyik legfontosabb folyamata a munka során. Minden esetben az elasztomer mátrix nyers kaucsuk volt, amelybe repceolaj kerül bekeverésre.

2.1. A nyers kaucsuk ismertetése

A legkiválóbb tulajdonságokkal a természetes kaucsuk rendelkezik, a világon összesen gyártott mennyiség mintegy felét a egymagában adja, a másik felét az összes műkaucsuk együttvéve. A természetes kaucsuk alapvetően cisz-poliizoprénből áll, melyben szabályosan, ugyanabban a helyzetben követik egymást az ismétlődő szakaszok. Ez viszonylag nagy rendezettséget eredményez. Ugyanakkor a természetes kaucsuk mindig tartalmaz fehérjetermészetű anyagokat, amelyekben vannak poláros csoportok, ezeknek a kutatások során még nagy jelentősége lehet a későbbi összeférhetőségi vizsgálatoknál. Ezek között erős a kölcsönhatás, az átlagnál jobban kristályosodnak különösen húzóigénybevétel (a makromolekulák orientálódása) hatására. Ezért a töltőanyagot nem tartalmazó guminak is nagy a szakítószilárdsága (300 MPa), és aktív töltőanyaggal ez még tovább javítható.

1. ábra: A nyers kaucsuk (1,4,-cisz-poliizoprén) szerkezeti képlete és makromolekuláris szerkezete



Forrás: <http://www.tutorvista.com/content/chemistry/chemistry-ii/carbon-compounds/natural-rubber.php> (2017.)

A természetes kaucsukból készült gumi nagyon jó dinamikus tulajdonságokkal rendelkezik, hiszterézise kicsi, és kopásállósága szintén jó. A vulkanizálatlan kaucsuk nyersszilárdsága és nyújthatósága nagy. Kedvező a tapadási tulajdonsága, amely a nyersszilárdsággal együtt fontos tényező a gumiabroncsok gyártása során, emiatt a természetes kaucsuk jó alapanyaga az abroncsgyártásnak. Keverési, alakítási eljárásokban, mint az extrudálás és kalanderezés kedvező tulajdonságokat mutat. További előnye a magas vulkanizálási arány. Hűtés és temperálás után a kaucsuk 10°C és -35°C között opálössé és rugalmatlanná válik, ezt a részleges kristályosodási folyamat okozza, illetve nyújtó terhelés hatására is bekövetkezik a kaucsuk kristályosodása. Ez növelő hatással bír, mind a nyers kaucsuk, mind a vulkanizátum nyersszilárdságára, húzószilárdságára.

A nyers kaucsuk szerves oldószerekben, benzolban, petroléterben, széntetrakloridban (CCl₄), valamint kőolajban oldódik, illetve erősen duzzad. A vulkanizált kaucsuk csak duzzadásra hajlamos, mert a térháló megakadályozza a polimer felbomlását. Strukturális stabilitása nagy, rugalmassága és hideg hőmérsékleti rugalmassága, dinamikus tulajdonságai kiválóak, rugalmassági modulusza (merevsége) nagy, de kopásállósága közepes. Öregedésállósága (UV) és

ózonállósága a polimer láncban található telítetlen kötések miatt gyenge, de ezek telítésével, stabilizátorok vagy antioxidánsok alkalmazásával javítható. Fény hatására bekövetkezhet a polimer gyorsabb degradációja, bomlása, ezért kell fénymentes helyen tárolni.

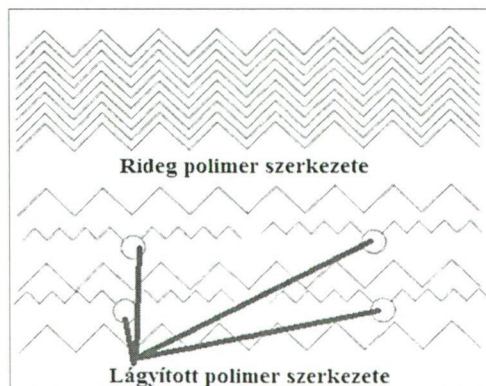
2.2. Lágyító adalékok és a repceolaj ismertetése

2.2.1. A lágyító adalékokról általánosan

A minőségi követelmények a lágyítók tisztaságára, feldolgozás közbeni viselkedésükre és azokra a jellegzetes tulajdonságokra vonatkoznak, amelyekkel a plasztomerek tulajdonságait alakítják. Az iparban használatos lágyítók túlnyomóan kis vagy nagy viszkozitású folyadékok, ritkábban szilárd termékek. Általános követelmény a nagy tisztaság, színtelenség, a semlegesség, a szag- és íztelenség, valamint az anyag egységes összetétele.

Sok hőre lágyuló műanyag nagy feldolgozási hőmérsékletet igényel (akár 100 és 180°C között), ezért az elszíneződés és a bomlás elkerülése végett a lágyítóknak jó hőstabilitással kell rendelkezniük. A kis illékonyság több szempontból előnyös. Egyrészt feldolgozás közben kevesebb a kellemetlen gőz, másrészt az öregedésállóság jobb, különösen akkor, ha a lágyított rendszereket a használat során időnként erősebb hőterhelés éri. Az időjárás összetett hatásaival szemben ellenálló termékek gyártásánál a kis illékonyság mellett fontos még a fényállóság, a vízextrakcióval és a gombásodással szembeni ellenálló képesség, valamint a hidegállóság is (Angyal, 2012). A lágyítószerek feladata tehát, hogy a polimerömladék visszahűtése után ne alakuljon vissza a szoros szerkezet, tartalmazzon lágyabb szegmenseket az üvegesedési hőmérséklet felett is. A megfelelő mennyiségben (10-25 tömegrész) alkalmazott lágyító molekulái a polimer láncok közé kerülve csökkentik a kölcsönhatásokat, ezáltal növelve a rugalmasságukat. Érdemes tehát az alappolimerhez képest kisebb moláris tömegű lágyítószert választani a megfelelő kémiai-fizikai tulajdonságok figyelembe vételével (lásd: 2. ábra).

2. ábra: A lágyító adalékok működési mechanizmusa



Forrás: A szerző saját szerkesztése (2017.)

A lágyító adalékok az alappolimerrel extruderen, keverő hengerszéken, fröccsgépen feldolgozhatók, valamint szinterező anyagként is használhatók. Fűthető gyúrókamrákban gyakorlatilag minden hőre lágyuló műanyag és elasztomer összedolgozható jelen esetben 10 %-os frikcióval történt a próbatetek előállítása.

2.2.2. A repceolaj ismertetése

A repceolaj, másnéven canola-olaj, a repce növény magjából készült növényi zsíradék, mely sötét színű és jellegzetes aromája van. Kénsavval való finomítás után sárga színű, majdnem szagtalan. A repceolaj fő technológiai felhasználási területe a biodízel előállítás. A kedvező élettani hatások eléréséhez a különböző vadrepce fajtákat keresztezik és nemesítik, ennek következtében a reformékezés területén a kedvező Omega-3 zsírsav összetétele miatt fogyasztását javasolják. Továbbá a gyógyszeripari és kozmetikai felhasználása is jelentős. Finomítatlan változatából ipari kenőanyag készül (Bálint, 2012).

Fontos kémiai és fizikai tulajdonságai közül néhány jellemzőt érdemes megemlíteni, fajsúlya 0,913-0,918 g/cm³, -6 és -10 °C között megfagy, alkoholban alig, éterben könnyen oldódik, nem szárad be. Fontos bioaktív anyagai a *béta-sitostanol* (0,925 mg/100 g), *campestanol* (0,811 mg/100 g), *delta-5 avenastrol* (11,721 mg/100 g).

A nemesítetlen repceolaj változó mennyiségű (20-50%) erukasavat (zsírsav) tartalmaz, amely a festékipar számára fontos összetevő. Ez az anyag táplálkozásra ebben a formában nem alkalmas, mivel rosszul emészthető, az izom- és májsejtekben lerakódva káros elváltozásokat okoz (Bálint, 2012.) Fontosabb zsírsavösszetételét az 1. táblázat szemlélteti:

1. táblázat: A repceolaj irodalmi zsírsavösszetétele

Rövid jelölés	Triviális név	Család	Mennyiség [%]
18:1	olajsav	ω-9, telítetlen	61
18:2	linolsav	ω-6, telítetlen	21
18:3	α-linolénsav	ω-3, telítetlen	9-11
16:0	palmitinsav	telített	4
18:0	sztearinsav	telített	2
	transz-zsírsav	telítetlen	4

Forrás: A szerző saját szerkesztése (2017.)

Jelenlegi hasznosítása különböző konyhatechnikai célokra mind margarin, mind olaj formájában, emellett hajtóanyagként – mint például repce-metil-észter (RME) és kenőanyagként is használható. Továbbá alkalmazható a festékgyártásban,

oldószerként, tenzidként, a kozmetikai iparban, linóleum-gyártásban és takarmányként (Bokor, 1998).

3. ábra: A repce növény és olaja



Forrás: www.google.hu (2017.)

A természetes eredetű (növényi) lágyítók általában a polimerrel jól összeférhető, kis viszkozitású, alacsony dermedéspontú, viszonylag kismolekulájú vegyületek. Emiatt illékonyságuk magasabb hőmérsékleteken viszonylag nagy, gyorsan elpárolognak a gumiból. Ebben az esetben azután fagyásgátló hatásuk is csökken, és amellet a vulkanizátumok keménysége is növekszik. Ennek kiküszöbölésére megfelelő kompromisszumot kell kötni a *dermedési pont* és az *illékonyság* között (Angyal, 2012).

Ilyenkor azt is megkívánjuk, hogy a lágyító ne oldódjék ki a gumiból, ne migráljon ki a felületre. Ezért az előbbie analógiájára gyakran engedni kell a fagyásgátló hatásnak és a kioldási hajlamnak. A viszonylag gyenge hidegállóságú, poláris speciális kaucsukokban az észter és éter típusú vegyületek terjedtek el fagyásgátló lágyítóként (például az említett ftálsav-észterek). Az illékonyság és a kioldhatóság csökkentése céljából a kisebb molekulájú termékek mellett elterjedtek a többértékű alkoholok és többértékű savak kondenzálásával előállított lágyító típusok, ezért a repceolaj zsírsavösszetétele alapján kijelenthető, hogy ez az anyag elméletben megfelel az elvárásoknak.

Mivel a legtöbb gumigyártmánynak jellegzetes gumi szaga van, ami bizonyos területeken kellemetlenné teheti felhasználásukat. Fokozott mértékben kell ilyen jelenséggel számolni bizonyos alap- és segédanyagok felhasználása esetén, így pl. a füstölt típusú természetes kaucsukok, továbbá peroxidos vulkanizáló-rendszerek, bizonyos hajtóanyagok, lágyítók alkalmazása esetén. Ezt kiküszöbölendő egyes műszaki gumicikkekben, közszükségleti termékekben illatosítóanyagokkal igyekeznek megszüntetni a kellemetlen szaghatást. Erre a célra főként aceto-fenont, ritkábban kumarint alkalmaznak, de ismertek növényi kivonatok, mint például az illóolajok. Vizsgálataink során meghatározott receptúra alapján készített repcével kezelt kaucsuk alapú gumikeverékeket vizsgáltunk különböző mérési módszerekkel (FT-IR; SEM illetve mechanikai berendezésekkel) ahol az olaj hatását elemeztük.

2.3. A repceolaj és a nyers kaucsuk összeférhetősége

Utracki definíciója szerint polimer blendnek nevezzük legalább két polimer vagy kopolimer keverékét, amelyben mindegyik makromolekuláris komponens több mint 2 m/m%-ban van jelen. A polimer blendek komponensei lehetnek lineáris, elágazó vagy térhálós szerkezetű polimerek, illetve kompozitok, amelyek nem kovalens kötéssel kapcsolódnak egymáshoz. Amennyiben az összekevert polimerek egyike a minor komponens, akkor az egyszerűen adaléknak is tekinthető. Ebben az esetben a repceolaj, mint minor komponens fog a későbbiekben szerepelni, míg a kaucsuk egyértelműen a magasabb moláris tömegű komponenst szolgáltatja. Általánosan polimer/polimer elegyedés nem létezik, ezt mindig egy úgynevezett elegyedési küszöb korlátozza, amelyet sok független változó, mint például az összetétel, a molekulatömeg, a hőmérséklet, a nyomás befolyásolja.

A tényleges összeférhetőség legfontosabb jellemzője a termodinamikai stabilitás vagy egyensúlyi állapot. A rendszer termodinamikailag akkor stabil, ha a kialakulást a Gibbs-féle (vagy Helmholtz) szabadenergia csökkenése kíséri. A Gibbs-féle szabadenergia (G) az egyensúlyi állapot kialakulásáig csökken, majd ezt követően az idővel nem változik. Amikor a kölcsönhatás kialakul a két kiindulási komponens között, ΔG_m (a keverés szabadenergiája) negatív lesz és összeférhető (Tóth–Tamási, 2016). A polimer keverékeknél megfigyelhető, hogy a keverék homogenitása a Gibbs-féle szabadenergiától, G -től függ, így a keverés eredményeként:

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S \quad (1)$$

ahol ΔH [J] és ΔS [J/K] a rendszer entalpia és entrópia változása a keverékben, illetve T az abszolút hőmérséklet [K]. Egyensúlyban az egyik polimer homogén oldódása a másikban egy spontán folyamat, ha $\Delta G < 0$. Ezért a keverhetőség attól függ, hogy a két tényező (ΔH és ΔS) közül melyik van túlsúlyban.

A polimer lágyítók, amelyek molekuláris szinten vannak az olvadékban diszpergálva, a hűtést követően a rideg mátrixban maradnak. A blokk vagy ojtott polimerek kis mennyisége molekuláris szinten diszpergálható a homopolimerhez hasonló ojtott vagy blokk vég- vagy oldalláncokhoz. Ezekben az esetekben fontos szempont a homogén terület mérete és nem a keveredési hő, azaz a kritérium kinetikus és nem termodinamikai, míg az egyensúly be nem áll (Szakács, 2012). A polimerek elegyíthetősége jól megjósolható oldatuk egy közös oldószerben történő stabilizálásával. Elméletileg a keverhetőség molekuláris szinten értendő. Gyakorlati szempontból azonban az elegyedő polimerek mikroheterogén anyagok. Azt, hogy két polimer egymással nem elegyedő, részben vagy teljesen elegyedő, azt a fázisszerkezet határozza meg. Az egymással elegyedő keverékek optikai átláthatósággal, homogenitással jellemezhetőek 50-100 Å szinten.

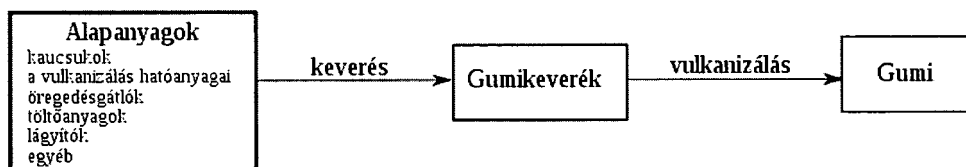
A polimerek korlátlan kölcsönös oldhatósága kivételes, szigorú körülmények között érhető el, például polivinil-klorid és butadién-nitril gumi, vagy polivinil-acetát és cellulóz-nitrát esetében. Az megállapítható, hogy minél közelebb van két polimer oldhatósági paramétere vagy minél nagyobb a közöttük fellépő lehetséges kölcsönhatás ereje, annál nagyobb a valószínűsége, hogy összeférhetőek. Ez a jelenség vizsgálható a kölcsönhatási paraméterek kritikus értékein (χ_{crit}), valamint a

„nem hidrogénkötéses oldhatósági paraméterek” felső határainak különbségén ($\Delta\delta$) keresztül is (Szakács, 2012). Előzetes számításaink alapján kijelenthető, hogy a repceolaj és nyers kaucsuk az összeférhető tartományba kerültek.

3. A próbatestek előkészítése

A gumitermékek gyakran összetett termékek, melyek gumin kívül egyéb adalékanyagokat is tartalmaznak. Ezzel összefüggésben **gumigyártásnak** nevezzük általában azoknak a késztermékeknek az előállítási folyamatát, amelyek számottevő mennyiségben tartalmaznak gumit (esetleg más anyagok mellett), amely folyamatot a 4. ábra szemléltet (Tóth–Tamási, 2016):

4. ábra: A gumigyártás folyamata



Forrás: www.wikipedia.hu (2017.)

3.1. A bemérés és keverékkészítés

A keverékkészítés első és meghatározó lépése a **bemérés**, amelyet megadott receptúra alapján végeztünk, analitikai pontossággal. Mivel munkánk célja a repceolaj adalék hatásának vizsgálata volt, a gumikeverékek során felhasznált egyéb anyagok pedig a következők voltak adagolási sorrendben, de a teljesség igénye nélkül:

1. Nyers kaucsuk / gumi (C_5H_8)_n, mint alapanyag,
2. Sztearinsav ($C_{18}H_{36}O_2$), mint stabilizátor,
3. Korom (^{14}C), mint töltőanyag,
4. Cink-oxid (ZnO), mint aktivátor,
5. ALTAX[®], mint gyorsítószer,
6. Kén (^{32}S), mint térhálósítószer,
7. Repceolaj, mint lágyítószer.

Összesen három próbatest készült, egy kezeletlen és kettő eltérő korom összetételű. Mindhárom minta alapja 168 g nyers kaucsuk volt, a **Minta1.** és **Minta2.**–nél lágyítószerként már repceolajat alkalmaztunk, 60 g-ot, ebből 1 csepp repce olaj tömege átlagosan 0,02 g volt. A keverési eljárás az ASTM D3192 szabvány alapján történt. A vizsgálatokat szobahőmérsékletű ($T=20 \pm 1^\circ C$) és relatív páratartalmú ($50\% \pm 1\%$) környezetben végeztük (lásd 2. táblázat), ugyanis a mikroklima, illetve az adalékok megváltoztatási paraméterei befolyásolhatják a mérési eredményeket. A kaucsuk alapanyag aprítását nehezítette, hogy csak az erre a célra használatos előmelegített vágószerszámmal lehetett a tömböt darabolni.

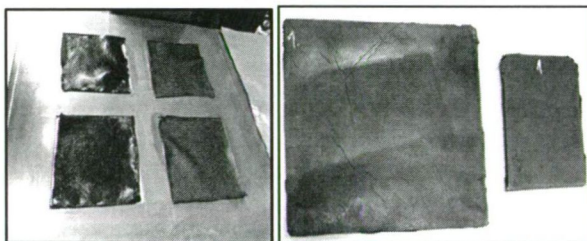
2. táblázat: A keverékkészítés folyamata és ideje

Gumikeverékek előállításának folyamata						
Felhasznált anyagok	Bemért mennyiségek/minta			Keverékek előállítási folyamatának ideje		
Adalékanyag neve	Kaucsuk /gumi	1. minta	2. minta	Keverő átlagos előfűtési idő (min.)	Adalék adagolás sorrendje (min.)	Blendek átlagos keverési ideje (min.)
Kaucsuk	168,00	168,00	168,00	10'	0'	60'
Sztearinsav		3,80	3,80		10'	
Korom		76,00	152,00		20'és 50'	
ZnO		7,60	7,60		20'	
ALTAX®		0,91	0,91		20'	
Kén		3,80	3,80		35'	
Repceolaj		60,00	60,00		60'	

Forrás: A szerző saját készítése (2016.)

A keverő motorjának (2 tengelyének) fordulatszáma 77 l/min., hőmérséklete 35-40°C között volt az ASTM D3192 szabványnak megfelelően. A rendelkezésemre álló anyagok homogén elegyedéséhez az alappolimert és az adalékanyagokat homogén, képlékeny (plasztikus) állapotba kellett hozni. Ehhez egy ún. „követő” berendezésre volt szükség, amely a megömlesztett állapotban lévő keveréket keveri. Az ilyen típusú berendezések üzemvitelük szerint megkülönböztethetők, amelyek lehetnek szakaszos és folyamatos üzemvitelűek. Ez esetben egy szakaszos-üzemvitelű hengerszékkel volt lehetőség dolgozni, 10%-os frikcióval. A minták préselésének ideje összesen 30 percet vett igénybe, a préselési hőmérséklet 145°C, illetve az alkalmazott nyomás 300 bar volt (lásd: 5. ábra):

5. ábra: A préselt próbatestek



Forrás: A szerző saját készítésű képe (2016.)

3. Eredmények és kiértékelésük

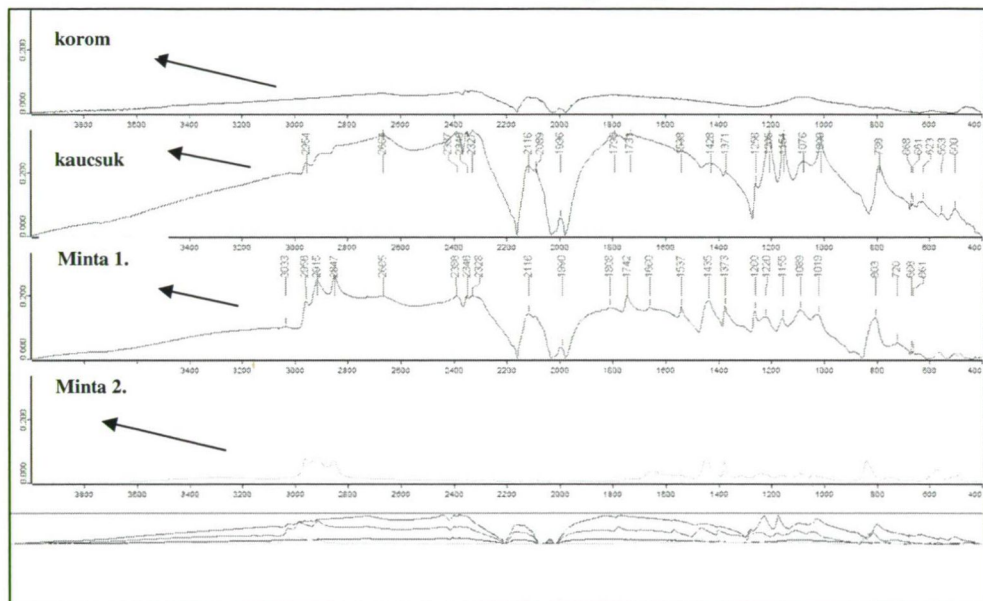
3.1.A préselt próbatestek optikai és analitikai vizsgálata (FT-IR)

Az infravörös spektroszkópia az egyik leggyakoribb analitikai módszer, amely egy adott vegyület szerkezetének azonosítására, tisztaságának ellenőrzésére szolgál. Ismeretes, hogy a FT-IR berendezések leginkább a próbatestek felületét bombázzák

az infravörös sugárzással, így a komplett próbatest összetételét kvázi nem képesek adekvát módon meghatározni, hanem a felületen leginkább előforduló vegyület csoportokat (és így a szennyeződések is).

Ez esetben a kaucsuk mintára jellemző C=H kötések, illetve a gumikban adagolt korom spektrumát lehetett csak értékelhető módon megfigyelni. Az egyes mintákról készült FT-IR spektrumokat a 4. számú melléklet tartalmazza, míg az összehasonlításra szolgáló 6. ábra az alábbiakban került feltüntetésre:

6. ábra: A korom, a kaucsuk, a Minta 1. és Minta 2. gumikeverék összehasonlító FT-IR görbéje



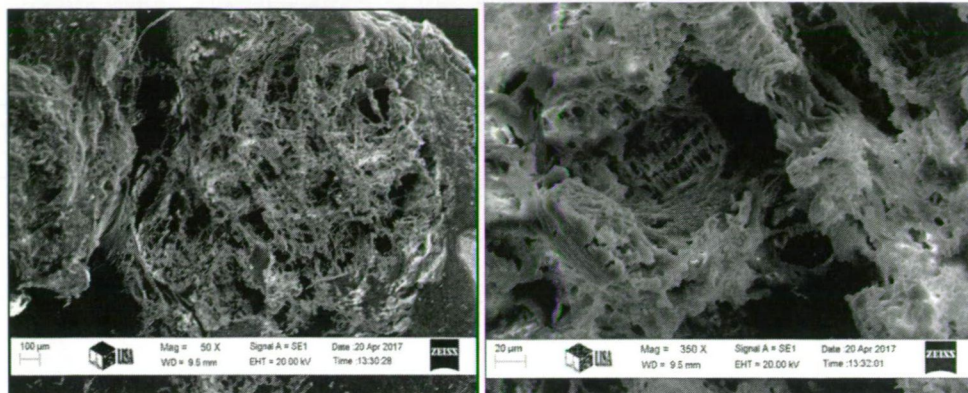
Forrás: A szerző saját eredményei (2017.)

A detektált eredményeket figyelembe véve elmondható, hogy a repceolaj, mint lágyító megfelel a migrációval szembeni elvárásnak, hiszen a felületen nincs a jelenlétére utaló nyom.

3.2. A préselt próbatestek optikai és analitikai vizsgálata II. (SEM)

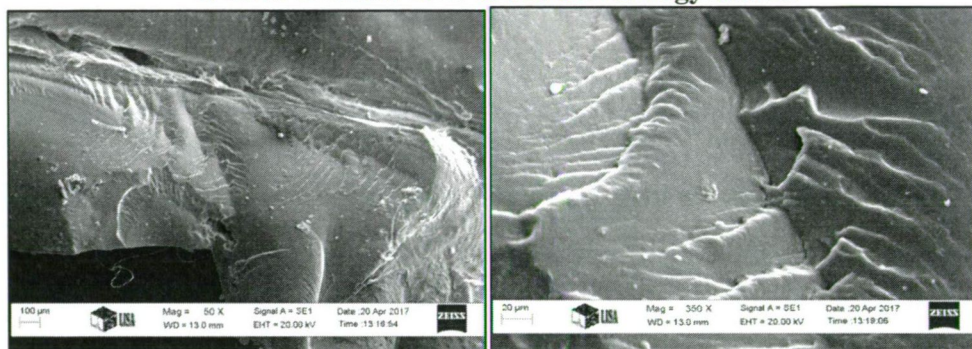
A SEM vizsgálatoknál arra számítottunk, hogy ha homogén az adalékanyagok eloszlása a kaucsukban, akkor nem látni ezek jelenlétét a felületi szennyeződésekön kívül. A feltételezésünk azonban csak részben igazolódott be, ugyanis a Minta 1. és Minta 2. képein (lásd 7-9. ábra) jól kivehető néhány góc jelenléte, amely az EDS szonda szerint nagyobb mennyiségű kén tartalmaz, ugyanakkor repceolajra utaló nyomokat nem. Így tehát elmondható, hogy az 50 és 350x-es nagyítású felvételeket megfigyelve, a keveredés mégsem volt igazán hatékony.

7. ábra: A kaucsuk minták 50 és 350-szeres nagyításban



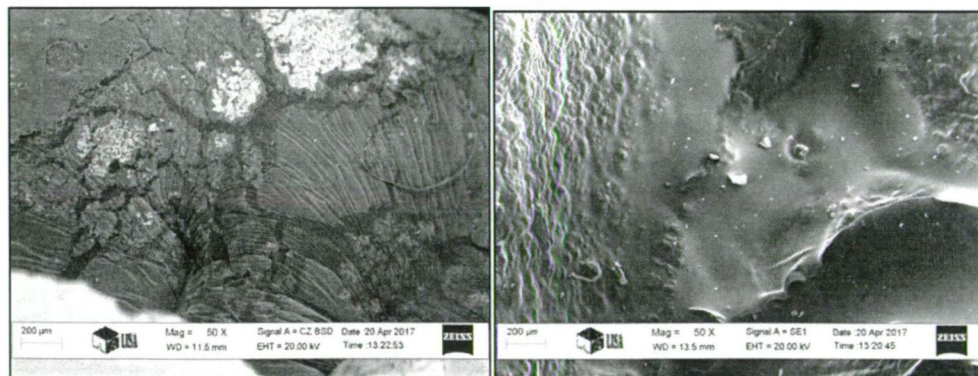
Forrás: A szerző saját felvételei a Miskolci Egyetem Fémtani és Képlékenyalakítási Intézetében

8. ábra: A Minta 1. 50 és 350-szeres nagyításban



Forrás: A szerző saját felvételei a Miskolci Egyetem Fémtani és Képlékenyalakítási Intézetében

9. ábra: A Minta 2. 50-szeres nagyításban, több területről



Forrás: A szerző saját felvételei a Miskolci Egyetem Fémtani és Képlékenyalakítási Intézetében

A SEM vizsgálathoz kapcsolódóan ellenőrzésre került egy EDS szonda által detektált elemi-összetétel meghatározás is, Előnyösebb lett volna, ha az

alapanyaghoz előzetesen keverek valamilyen követő anyagot (pl. ezüst), amit az elemanalizátor is ki tud mutatni, de a SEM vizsgálatnak elsődleges célja nem annak eredményessége, hanem az adalékanyagok hatásának vizsgálata volt. Az EDS mikroszkopos elemanalízisének spektrumán nagyrészt csak a szén (^{12}C), oxigén (^{16}O) és kén (^{32}S) jelenléte volt tapasztalható, amely a keverékben található adalékanyagok jelenlétére utal.

4. Következtetések

Az optikai is felületi vizsgálatok során (FT-IR, SEM) nem volt tapasztalható semmilyen különleges elváltozás, a berendezések által detektált értékek feltételezhetően a felületi szennyeződésekől származhatnak, illetve a SEM felvételeknél látható néhány, gócba utaló nyom, amely a nem teljesen homogén elkeveredés eredménye lehet. A műszeres kémiai analízisek során megállapításra került, hogy a nemzetközi kémiai jogi szabályozások által tiltott lágyítószerkes egyetlen komponensét sem tartalmazták az általunk előállított minták, ezt összefoglalva elmondható, hogy a repceolaj, mint természetazonos lágyítószer kiválóan alkalmas lehet a további felhasználásra, további kiegészítő vizsgálatokkal alátámasztva.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom témavezetőmnek, Dr. Zsoldos Gabriellának és a ME Fémtechnológiai és Képlékenyalakítási Intézet munkatársainak segítségéért.

Irodalomjegyzék

- Angyal A. (2012): *Műanyag és gumi adalékok*.
- Bartha Z. (1988): *Gumiipari kézikönyv I*. Taurus-OMIKK, Budapest.
- <<http://www.tutorvista.com/content/chemistry/chemistry-ii/carboncompounds/natural-rubber.php>> (2017. 10. 20.)
- Bokor. J. (szerk.). Repceolaj, *A Pallas nagy lexikona*. Arcanum: FolioNET (1893–1897, 1998.). ISBN 963 85923 2 X. (2017. 09. 20.)
- Bálint A. (2012): *Toxikus vegyületek élelmiszer- és takarmánynövényekben, genetikai lehetőségek a káros hatások csökkentésére*. (2017.10.22.)
- "Canola oil, fat composition, 100 g". US National Nutrient Database, Release 28, United States Department of Agriculture. May 2016. (2017.10.15.)
- Szakács H. (2012): *Műanyag kompozitok*. Pannon Egyetem, Veszprém. (2017.10.20.)
- Tóth A., Tamási K. (2016): *Eltérő korom összetételű, repceolajjal kevert gumikeverékek mechanikai, termikus, optikai és kémiai vizsgálata*. Miskolci Egyetem, Miskolc.